

氏 名	山田 孝禎
学 位 の 種 類	博士(学術)
学 位 記 番 号	博甲第924号
学位授与の日付	平成19年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	椅子立ち上がり動作時の床反力による高齢者の下肢筋機能測定法の検討
論文審査委員(主査)	出村 慎一(教育学部・教授)
論文審査委員(副主査)	川幡 佳一(教育学部・教授), 矢倉 公隆(教育学部・教授), 寺沢 なお子(教育学部・助教授), 増田 和実(教育学部・助教授)

## Abstract

This study aimed to examine the problems cleared by disposing encountered in previous studies during lower limb muscle function tests in the of elderly's lower limbs muscle function test using floor reaction force during sit-to-stand (STS)) in previous studies. presented by previous studies as follows. Namely, pProper methods and availability availableof the tests were clarified by proposing parameters considered toadjusted for STS movement phases, and examining the proper chair seat height used in the test, the influence of each subject's movement strategies for achieving STS movement, changes of floor reaction force and movement characteristics during STS movement with decreasing lower limbs muscle function, and during STS movement phases, which relates closely to lower limbs muscle function. It was judged thatis necessary to adjust the setting chair seat height used in measurement considered tofor each subject's lower leg length and to show ing the assignment "standing as fast as possible" before measurement were required. It was suggested that fFloor reaction force measured under these conditions stated above reflects characteristics changes of STS movement and floor reaction force with decreasing lower limbs muscle function. Moreover, it was judged that is important to selecting hip lift-off , and extension of the knee and hip joints phase as evaluation phases is available to evaluateduring measurement of elderly's lower limbs muscle function using floor reaction force during STS movement in the elderly.

## 論文要旨

### 一. 緒言

立ち上がり (Sit-to-stand: STS) 動作を成就する能力は、自立した生活に必要な不可欠である。高齢期には下肢の筋機能が著しく低下するため、日常における基本的な生活動作の成就も困難になる (Alexander et al., 1991; Gross et al., 1998)。適切な下肢筋機能トレーニングにより、STS 動作の成就能力 (体重心の移動速度、成就時間) は改善されるため (Schot et al., 2003)、下肢の筋機能を適切に測定・評価し、自立した生活に必要な体力あるいは機能水準の維持・向上を図る対策を講じることが重要である。これまで、STS 動作を利用した高齢者の下肢筋機能評価テストが幾つか提案されている (Netz and Argov., 1996; Netz and Argov., 1997; Jones et al., 1998; Jones et al., 1999; 中谷ら, 2002; 中谷ら, 2003)。それらのテストは、一定時間内の反復動作成就回数や規定回数の成就時間にて評価されるもの (Jones et al., 1999; 中谷ら, 2002) と、1 回の STS 動作時の床反力を手掛かりに評価するテストに大別される。これらのテストは、日常生活動作を運動課題とするため、高齢者にフィードバックし易く、簡便な評価方法と考えられる。また、下肢筋力や転倒との関連も明らかにされている。

しかし、STS 動作時における椅子の高さは、下肢に負荷を規定するため (Arborelius et al., 1992; Weiner et al., 1993; Janssen et al., 2002)、STS 動作を利用した下肢筋機能評価を試みる際、被験者の体格特性を考慮して椅子の高さを設定する必要があると考えられるが、上述のいずれのテストもそれらは考慮されていない。また、動作様式については、被験者に対して明確に指示されていない等、曖昧な点が多い。それゆえ、STS 動作時の床反力を手掛かりとして、高齢者の下肢筋機能評価を試みる前に、まずこれら測定方法に関連した諸問題を明確にする必要がある。一方で、STS 動作は、幾つかの動作局面に分類され (Schenkman et al., 1996a; Schenkman et al., 1996b)、動作成就に対する各局面の役割も異なるが (江原ら, 2001)、上述のいずれのテストも STS 動作の各局面を考慮した変数を選択していない。つまり、適切に下肢の筋機能を測定・評価するためには、下肢筋機能との関連が高

い局面を評価する必要があると考えられるが、先行研究の変数はこのような観点から選択されていない。高齢者の下肢筋機能を適切に測定・評価するためにも、下肢筋機能との関連が高い局面を明らかにする必要がある。

本研究では、STS 動作時の床反力を手掛かりに高齢者の下肢筋機能テストを作成するために、STS 動作の局面を考慮した変数を提案し、テストに利用する適切な椅子の高さについて検討すること、STS 動作成就に対する被験者の動作戦略の影響について検討すること、下肢の筋機能低下により STS 動作時の床反力にいかなる変化が認められるかを明らかにすることおよび下肢の筋機能と関連の高い STS 動作局面を明らかにすることを目的とした。

## 二. 研究課題

本研究では、以下にまとめた先行研究において提案されている STS 動作時の床反力を手掛かりとした下肢筋機能テストにおける問題点について研究課題を設定し検討した。

1. 先行研究では、全ての被験者が 40cm の高さの椅子から STS 動作を行っている。椅子の高さは、STS 動作時における各被験者の下肢にかかる負荷に影響するが、被験者の下腿長の違いによる相対的な椅子の高さの違いが STS 動作時の下肢にかかる負担に違いをもたらすか否かは検討されていない。
2. STS 動作は、多関節および多筋群を介した最大下の動作であるため、動作成就に対する被験者の意図により動作特性は大きく異なる。しかし、先行研究のテストでは、これら動作様式について明確な指示を提示していない。
3. 先行研究では、STS 動作は加齢に伴う下肢筋機能の低下により、体幹の屈曲が大きく、不安定な動作になると報告されている。本研究のような実験条件下においても、下肢の筋機能低下に伴い、同様な動作特性が認められ、またそれらが床反力にも反映されるか否かを確認する必要がある。
4. 本研究において提案しているテストの実験条件が高齢者にも適用可能であり、高齢者の下肢筋機能を反映するか否かを確認する必要がある。

## 三. 研究方法

研究課題 1-3 では若年者を、研究課題 4 では高齢者を対象とした。これら本研究に参加した被験者は、いずれも下肢に障害のない健康な若年者および高齢者であり、それぞれの研究課題 (1-3) の被験者は、全てが同一ではなかった。

STS 動作時における鉛直下方向の床反力の測定は、Gravicorder G5500 (Anima, Japan) を用いた。椅子の座面から臀部が離れた時点 (臀部離床時) を決定するために、スイッチシートシステム (Anima, Japan) を座面に設置した。この装置は、座面に対して接地・非接地のデータを ON・OFF 信号としてコンピュータに取り込むことが可能な装置である。床反力およびスイッチシートシステムのデータはいずれもコンピュータに接続し、1/500 秒毎に同時にデータが記録された。測定された床反力の時系列データを、STS 動作の各局面 (動作開始、臀部離床、膝・股関節伸展および動作完了) に分類し、局面ごとの踏み込みの強さと速さ、動作の素早さおよび仕事量を評価する変数を算出した。また、床反力変数同様、STS 動作の局面ごとの筋の活動特性を評価する変数を EMG の時系列データを利用し算出した。なお、本研究では、STS 動作の成就に関与の高い大腿直筋および前脛骨筋の EMG を測定した。

STS 動作時の床反力および EMG の測定に先立ち、被験者は STS 動作時の床反力測定時の座位姿勢および動作様式について十分説明を受けた。座位姿勢は、裸足にて、両脚を肩幅に広げ、背筋を真っすぐに伸ばし、胸の前で腕を組み、足関節を 90°に保持した姿勢とした。STS 動作は、座位姿勢から、検者の合図により椅子から素早く立ち上がり、立位姿勢をとる動作とした。また、疲労の影響を考慮し、試行間に 1 分間の休憩を挟み、2 試行ずつ行った。

## 四. 研究課題の概要

研究課題 1 では、下腿長の異なる被験者が、同じ高さの椅子から STS 動作を行った場合の下肢への負担の違いについて検討した。下腿長の長い者は、臀部離床時の床反力および STS 動作開始から臀部離床までの前頸骨筋活動量が下腿長が椅子の高さと同等な者より、臀部離床から床反力ピーク値までの力積が下腿長が短い者より、前脛骨筋の活動水準ピーク到達時間が下腿長が椅子の高さと同等および短い者より有意に高かった。以上の結果から、各被験者に同じ高さの椅子を用いて STS 動作を行った場合、下腿長の違いにより相対的に椅子の高さが異なるため、STS 動作時に被験者の下肢にかかる負荷が異なると示唆された。STS 動作時の床反力を手掛かりに高

高齢者の下肢筋機能評価を行う場合、各被験者の下腿長を考慮した椅子高の設定が必要であると考えられる。

研究課題 2 では、指示（素早く立ち上がる）の有無が STS 動作の各局面における評価変数およびそれらの再現性に及ぼす影響を検討することを目的とした。つまり、STS 動作を行う前に、「可能な限り素早く立ち上がる（AO 条件）」あるいは「任意に立ち上がる（SA 条件）」という指示を提示した場合で、両者に違いが認められるか否かを検討した。指示の有無に関わらず、床反力ピーク値から STS 動作完了までの局面における変数の信頼性は高かった。しかし、他の全ての変数の信頼性は両条件で異なり、主に動作開始から床反力ピーク値までの局面において、AO 条件の方が SA 条件より高かった。また、動作開始から臀部離床および床反力ピーク値から動作完了までの両局面における動作は、AO 条件の方が素早かった。以上から、素早くという指示を与えた場合、体幹の前傾および膝・股関節伸展動作は素早く、体幹の前傾動作においては、試行間で類似した動作が反復されることが示唆された。

研究課題 3 では、下肢に対する種々の負荷による相対的な筋機能の低下が、STS 動作特性および各局面における床反力および EMG に及ぼす影響を検討することを目的とした。下肢の筋機能を相対的に低下させるために、各被験者の体重を基準に、0、10、20 および 30% の重りを各被験者の衣服に均等に取り付けた。また、研究課題 3 では、研究課題 1 および 2 にて選択した変数に加えて、STS 動作時における足、膝および股関節の最大屈曲角度を選択した。各局面における踏み込みの強さ、動作の素早さ、仕事量および筋の活動特性においても負荷の違いによる影響が認められ、負荷が重い場合、踏み込む力が弱くかつ動作が鈍化した。さらに、負荷が重い場合、各下肢関節の屈曲角度は大きかった。以上から、下肢に負荷をかけた場合、つまり、相対的に下肢の筋機能を低下させた場合、STS 動作は前方の体重心移動が大きくなり、動作は不安定になることが示唆された。また、各局面における踏み込みの強さおよび動作の素早さは弱くかつ鈍化することが示唆された。

研究課題 4 では、高齢者の STS 動作時における床反力変数の信頼性と下肢筋量および膝関節伸展筋力との関係を明らかにし、STS 動作を利用した高齢者の下肢筋機能評価のための有効な評価局面を検討することであった。つまり、研究課題 4 では、高齢者を対象に、STS 動作時の床反力変数の信頼性と、床反力変数と下肢筋量および等尺性膝関節伸展筋力の関係を検討し、高齢者に対する適用可能性を明らかにした。床反力変数の信頼性は、いずれも高かった。臀部離床および膝・股関節伸展局面の力発揮に関する変数は、膝伸展筋力と有意な相関が認められた。しかし、下肢筋量は床反力変数とほとんど有意な相関が認められなかった。高齢者の STS 動作時における床反力の信頼性は良好であり、臀部離床局面に加えて、膝・股関節伸展局面は、下肢筋機能評価の有効な評価局面である。

## 五. 総括

以上に示したように、博士論文においては、より適切な測定方法および有効性を明らかにするために、先行研究において提案されている STS 動作時の床反力を手掛かりとした高齢者の下肢筋機能テストの問題点を整理し、それら問題点について検討した。その結果、STS 動作時の床反力を手掛かりとして高齢者の下肢筋機能の評価の際、測定に用いる椅子の高さは、各被験者の下腿長を考慮して設定し、「可能な限り素早く立ち上がる」という指示を測定前に提示する必要があると判断された。また、これらの条件下にて測定された床反力は、下肢の筋機能低下に伴う STS 動作の動作特性および床反力特性を反映すると示唆された。STS 動作時の床反力を手掛かりに高齢者の下肢筋機能の評価する場合、臀部離床および膝・股関節局面を評価局面として選択することが有効であると判断された。

今後の課題として、安価性およびテストの実用性を考慮し、以下の諸点について検討する必要がある。床反力の測定にはフォースプレートが必要であるが、非常に高価であるため、本研究のテストが一般的に普及するのは困難である。本研究において得られた知見を元に、より実用的で安価性の高い測定機器の開発が望まれる。また、高齢者が、本研究のテストに参加した後、テスト結果を理解しやすいようにフィードバックする必要があるが、値の大小を被験者にフィードバックするよりも、日常生活との関連性について関連付けてフィードバックした方が、理解しやすい。測定値と日常生活動作能力あるいは転倒リスクとの関係について検討する必要がある。

## 学位論文審査結果の要旨

本論文は、日常生活動作である椅子立ち上がり（Sit-to-stand: STS）動作時の床反力を利用し、高齢者の下肢筋機能評価法の確立を目的としている。まず、文献研究を踏まえて、STS 動作の各局面の動作速度や力発揮の大きさを捉える評価変数を選択・提案している。これらの評価変数を用いて、種々の実験によりテストに利用する椅子の高さおよび動作様式を検討し、次の知見を得ている。椅子の高さは、STS 動作時に下肢にかかる負荷に関係するため、各被験者の下腿長を考慮し決定する必要がある。信頼性の高い正確な測定値を得るためにはテスト実施前に高齢者に素早く立ち上がることを指示する必要がある。また、テストの有効性を明らかにするために、下肢筋機能低下に伴う STS 動作特性の違いが動作時の床反力に及ぼす影響、および STS 動作時の床反力と下肢筋力および筋量との関係を検討し、次の知見を得ている。下肢筋機能低下に伴い STS 動作特性は変容し、それが床反力にも大きく反映する。臀部離床および膝・股関節伸展局面における床反力は、高齢者の下肢筋機能の評価する有効な局面である。

以上、本論文は STS 動作時の床反力を利用した高齢者の合理的な下肢筋機能評価法の確立を目指して、その評価方法に潜む様々な問題や限界を踏まえ、有効な評価方法の提案を行った。社会的な意義も深く、今後の研究の発展性もあり研究価値は高いと判断される。したがって、審査委員会は本論文が博士論文（学術）に値すると判定した。